



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA
AUTOMATIZADO DE
CONTROL DE HORAS DE VUELO

AUTOR: José Manuel Pozuelo Romero

TUTOR: Enrique Hernández Orallo

Curso Académico: 2015-2016





RESUMEN

La seguridad es primordial en el mundo aeronáutico, para garantizar y mantener esta seguridad es fundamental el correcto y continuo mantenimiento de las aeronaves, desde una simple revisión semanal a una compleja reparación estructural.

El presente trabajo se centrará en la mejora de uno de los aspectos primordiales y en el que se basan las organizaciones de mantenimiento y los pilotos. El control de las horas de vuelo.

En primer lugar se expondrá y analizara la situación actual en cuanto al mantenimiento y la aeronavegabilidad, así como la normativa que afecta al control de horas de vuelo, tanto para las aeronaves como para los pilotos.

Una vez desarrollado el tema anterior y entendida la importancia del correcto control de las horas de vuelo nos centraremos en el diseño y fabricación de un prototipo que mejore los actuales métodos de control de horas, en aspectos como precisión, fiabilidad y sencillez. Para este fin utilizaremos una Raspberry Pi2 y el lenguaje de programación Python.

Finalmente veremos como se podría continuar mejorando el prototipo y las ventajas que esto supondría .

Palabras clave: Mantenimiento, Aeronavegabilidad, horas de vuelo.





Índice

	<i><u>Página</u></i>
Índice de figuras.....	1
Índice de tablas.....	2
Glosario.....	3
Agradecimientos	4
<u>CAPÍTULOS</u>	
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del trabajo.....	6
1.2. Motivación.....	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Organismos Legislativos.....	9
2.1.1. OACI.....	9
2.1.2. EASA.....	10
2.1.3. DGAC.....	10
2.2. Documentación de interés	11
2.2.1. Reglamento.....	11
2.2.2. Manuales de la aeronave.....	13
2.3. Mantenimiento.....	15
2.4. El Logbook.....	17
2.4.1. Logbook de la aeronave.....	17
2.4.2. Logbook del piloto.....	19
2.5. Restricciones horas de vuelo.....	21



3. PROTOTIPO.....	25
3.1. Hardware.....	26
3.1.1. RaspberryPi2.....	26
3.1.2. SenseHat.....	27
3.1.3. Módulo GPS.....	29
3.1.6. Receptor Wi-Fi.....	30
3.1.4. Teclado.....	30
3.1.5. Raton.....	31
3.1.7. Batería Externa.....	31
3.2. Software.....	32
3.3. Presupuesto.....	33
3.4. Manual del usuario.....	35
4. AMPLIACIÓN	37
5. CONCLUSIONES.....	38
6. BIBLIOGRAFÍA.....	39
APÉNDICE A: Código utilizado.....	40





Lista De Figuras

Figura 2.1.1: Logo OACI.....	9
Figura 2.1.2: Logo EASA.....	10
Figura 2.1.3: Logo AESA.....	10
Figura 2.4.1: Cuaderno de la aeronave.....	18
Figura 2.4.2.1: Diario de vuelo del piloto.....	19
Figura 2.4.2.2: Ejemplo de Logbook parte 1.....	20
Figura 2.4.2.3: Ejemplo de Logbook parte 2.....	20
Figura 3.1.1: Raspberry Pi2.....	26
Figura 3.1.2: Módulo Sense Hat.....	27
Figura 3.1.3: Módulo GPS.....	29
Figura 3.1.4: Receptor Wi-Fi.....	30
Figura 3.1.5: Teclado.....	30
Figura 3.1.6: Ratón.....	31
Figura 3.1.7: Batería portátil.....	31
Figura 3.2: Logo de Python.....	32
Figura 3.4.1: Prototipo completo.....	35
Figura 3.4.2: Diagrama de flujo.....	36



Lista de Tablas

Tabla 2.5.1: Limitaciones de horas de vuelo diarias.....	23
Tabla 2.5.2: Limitaciones diarias para trabajos aéreos.....	24
Tabla 3.1.1: Especificaciones técnicas.....	26
Tabla 3.1.2: Resumen componentes Sense Hat.....	28
Tabla 3.3.1: Materiales del prototipo.....	33
Tabla 3.3.2: Materiales complementarios.....	34
Tabla 3.3.3: Presupuesto final.....	34



AGRADECIMIENTOS

A Enrique Hernández Orallo por su confianza y colaboración.

A mi familia por su apoyo y paciencia.



GLOSARIO

Siglas

Significado

AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AMM	Aircraft Maintenance System
CSV	Comma Separated Values
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
EASA	European Aviation Safety Agency
ESPM	Electrical Standard Practices Manual
FC	Flight Cycles
FDP	Flight Duty Period
FH	Flight Hours
HH	Human Hours
IPC	Illustrated Parts Code
MPD	Maintenance Planning Document
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PIC	Pilot In Command
SRM	Structural Repair Manual
TLB	Technical Log Book
TSM	Trouble Shooting Manual



1. Introducción

1.1.	Objetivos del trabajo.....	6
1.2.	Motivación.....	7

1. Introducción

1.2. Objetivos del Trabajo de Fin de Grado

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es la consecución del título del Grado en Ingeniería Aeroespacial mediante la realización de un proyecto que abarque conocimientos relativos a varias ramas de entre las asignaturas que se han visto en la titulación y en concreto en la especialidad de Aeronavegación. Durante el mismo se aplicarán sobre todo conceptos de programación adquiridos en diferentes asignaturas de la carrera, pero también de navegación aérea, de legislación y normativa aeronáutica, entre otros.

Con este trabajo se busca poner en común el máximo de conocimientos posibles adquiridos, así como demostrar la capacidad para desarrollar un proyecto de investigación desde cero de manera autónoma. Por último, mejorar la capacidad de transmitir los conocimientos y resultados a cualquier tipo de público.

Para ello, se pretende llevar a cabo la elaboración de prototipo válido como alternativa al sistema actual de control de horas de vuelo. Con este prototipo podremos controlar de forma mas precisa y simple las horas de vuelo, para desarrollar el código necesario nos hemos basado en el lenguaje de programación Python.

Con la ayuda del “Manual de usuario” que se expone en un capítulo posterior, el usuario será capaz de sacar el máximo partido al prototipo, ya sea con objetivo docente o para usarlo en el ámbito profesional.

1.3. Motivación

Durante mis prácticas de empresa en una organización de mantenimiento me familiaricé con todo lo relacionado con el mantenimiento aeronáutico y la aeronavegabilidad, una de mis tareas era anotar las horas de vuelo en las plantillas de cada aeronave y controlar que las revisiones estuviesen al día así como todos los componentes dentro de su vida útil.

Me llamó la atención como con la tecnología actual, para el control de las horas de vuelo se sigue empleando un método tan rudimentario como un libro y decidí hacer algo para mejorarlo.

El proyecto se plantea como una alternativa de cara al futuro, puesto que el sistema actual antes o después deberá cambiarse y los libros de vuelo darán paso a un sistema completamente automatizado, en el cual se puedan acceder a los datos desde cualquier parte y no haya que buscar el libro de vuelo correspondiente.

Viendo esta oportunidad y la necesidad de un sistema que facilite el trabajo a las organizaciones de mantenimiento aeronáutico, se crea el prototipo del nuevo sistema automatizado de control de horas de vuelo.

2. Situación actual

2.1. Organismos Legislativos.....	9
2.2. OACI.....	9
2.2.1. EASA.....	10
2.2.2. DGAC.....	10
2.3. Documentación de interés.....	11
2.3.1. Reglamento.....	11
2.3.2. Manuales de la aeronave.....	13
2.4. Mantenimiento	15
2.5. El Logbook.....	17
2.5.1. Logbook Aeronave.....	17
2.5.2. Logbook Piloto.....	19
2.6. Restricciones horas de vuelo.....	21

2. Marco teórico

Este capítulo está dividido en dos grandes sub-apartados en los que se detallan los organismos legislativos que regulan el transporte aéreo y todo lo relacionado con el mismo, así como la documentación y aprobaciones directamente relacionadas con el mantenimiento aeronáutico.

2.1 Organismos Legislativos

La aviación está regulada por diferentes organismos legislativos que se dividen, en función del nivel de influencia de los mismos, en internacionales, europeos y nacionales. A continuación se detallan aquellos que se encuentran directamente relacionados con el este proyecto.

2.1.1. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas, se creó con la firma en Chicago, el 7 de Diciembre de 1944, del Convenio Sobre Aviación Civil Internacional. Se crea para estudiar los problemas de la aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial. La dirige un consejo permanente con sede en Montreal, Canadá.

LA OACI como foro mundial para la cooperación entre sus Estados miembros y la comunidad mundial de la aviación, establece normas y métodos recomendados para el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil internacional.

En la actualidad la OACI está representada por 191 países, entre ellos España. Además de la sede central, OACI se compone de sedes regionales cuya función es redactar y mantener los Planes Regionales de Navegación Aérea actualizados. Las distintas regiones en las que OACI las tiene establecidas son las siguientes: África-Océano Índico (AFI), Asia (ASIA), Caribe (CAR), Europa (EUR), Oriente Medio (MID), Norte América (NAM), Atlántico Norte (NAT), Pacífico (PAC) y Sudamérica (SAM).



Figura 2.1.1. Logo OACI

2.1.2. Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA)

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA European Aviation Safety Agency en sus siglas en inglés) es el componente esencial de la estrategia de seguridad aérea de la Unión Europea. Se creó el 15 de Julio de 2002, tras ser aprobado por el Parlamento Europeo y el Consejo el reglamento 1592/2002.

Este organismo es el más importante para el desarrollo de este proyecto, puesto que es el organismo que define el reglamento en el cual deben basarse las organizaciones de mantenimiento aeronáutico como se expondrá posteriormente. Las publicaciones de EASA son de obligado cumplimiento para los estados miembros y su función primordial es unificar los estándares comunes de aeronavegabilidad.

El reglamento en el que se basan las organizaciones de mantenimientos es el (CE) 1321/2014, que tiene por objetivos:

- Establecer requisitos técnicos y procedimientos administrativos comunes para mantener capacidad de aeronavegabilidad de cualquier producto.

- Crear el reglamento a cumplir por las organizaciones de mantenimiento de productos aeronáuticos.



Figura 2.1.2. Logo EASA

2.1.3. Dirección General de Aviación Civil (DGAC)

Como organismo legislativo en el marco nacional, encontramos la Dirección General de Aviación Civil. Dicho organismo fue creado en 1982, como sustitución a la antigua subsecretaría de Aviación Civil.

En la actualidad, tras la creación de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), muchas de las competencias de la DGAC han sido traspasadas a esta. Parte de estas competencias son la verificación de condiciones de aeronavegabilidad de las aeronaves, centros de mantenimiento o la emisión de licencias de mantenimiento de acuerdo con la legislación europea establecida por EASA.



Figura 2.1.3. Logo AESA

2.2 Documentación de interés

En este apartado se expone en primer lugar la normativa vigente en la cual se deben basar las organizaciones de mantenimiento aeronáutico, y en segundo lugar los manuales propios de cada aeronave para realizar de forma correcta las tareas de mantenimiento que correspondan.

2.2.1. Reglamento

En este apartado estudiaremos el *REGLAMENTO (UE) No 1321/2014 DE LA COMISIÓN de 26 de noviembre de 2014, sobre el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves y productos aeronáuticos, componentes y equipos y sobre la aprobación de las organizaciones y personal que participan en dichas tareas.*

Esta normativa afecta directamente a las organizaciones de mantenimiento, pues se establecen procedimientos y requisitos a seguir, así como formación necesaria que deben tener los diferentes cargos dentro de la organización. El documento se divide en cuatro anexos o partes que veremos a continuación.

2.2.1.1. Anexo I(Parte M)

La Parte M habla sobre las medidas que deben tomarse para garantizar el mantenimiento de la aeronavegabilidad, incluyendo también el mantenimiento. También se especifica las condiciones que deben tener y cumplir las personas y organizaciones que participen en la gestión del mantenimiento de la aeronavegabilidad.

Está estructurada en dos secciones: A y B.

La sección A habla sobre los requisitos técnicos sobre el mantenimiento de la aeronavegabilidad, normas de mantenimiento, elementos, organización de mantenimiento, organización de gestión del mantenimiento de la aeronavegabilidad, certificado de aptitud para el servicio y el certificado de revisión de la aeronavegabilidad.

La sección B habla sobre los procedimientos a seguir para las autoridades competentes de cada Estado Miembro para cada uno de los apartados detallados en la sección A.

2.2.1.2. Anexo II(Parte 145)

En la Parte 145 habla sobre que condiciones debe cumplir una organización que quiera obtener una aprobación de mantenimiento de aeronaves y elementos

Está estructurada en dos secciones: A y B.

En la sección A veremos las características que debe tener una organización que quiera ser aprobada, desde las instalaciones, requisitos técnicos del personal hasta el material necesario para realizar las operaciones, así como los registros que se deben tener de las operaciones realizadas.

La sección B habla sobre los procedimientos a seguir para las autoridades competentes de cada Estado Miembro para cada uno de los apartados detallados en la sección A. Veremos como se debe conceder la aprobación, como revocarla o limitarla y en caso de incidentes como retirar la aprobación.

2.2.1.3. Anexo III(Parte 66)

En la Parte 66 se definen los requisitos mínimos para que una persona pueda adquirir la licencia de mantenimiento de aeronaves, así como se detallan los requisitos para su solicitud, expedición y continuación de su validez.

El anexo III se divide en dos secciones: A y B.

La sección A especifica los requisitos técnicos como son la licencia de mantenimiento de aeronaves, entre los que se encuentra las diferentes categorías, los conocimientos mínimos básicos, experiencia básica, limitaciones, etc.

La sección B trata sobre los procedimientos para las autoridades competentes sobre las licencias de mantenimiento de aeronaves. Más concretamente, sobre la emisión de una licencia de mantenimiento, exámenes de las autoridades competentes, la conservación de cualificaciones de personal certificador, acreditaciones de examen y vigilancia permanente.

2.2.1.4. Anexo IV(Parte 147)

La parte 147 del reglamento especifica los requisitos que deberá cumplir cualquier organización que solicite la autorización para llevar a cabo cursos de formación y exámenes especificados en la Parte 66.

Es decir, la Parte 66 explicaba la formación que debe recibir una persona para optar a la licencia de mantenimiento de aeronaves, esta parte dicta sobre cómo esta formación debe ser impartida.

Esta Parte 147 está dividida en dos secciones: A y B.

La sección A detalla los requisitos técnicos sobre la organización (en cuanto a instalaciones, personal, equipamientos, exámenes, procedimientos, etc.), sobre el curso de formación básica autorizado y formación de tipo de aeronave o de tarea.

La sección B habla sobre los procedimientos a seguir por las autoridades competentes en temas sobre la concesión de la aprobación y revocación, suspensión y limitación de la aprobación de la organización de formación de mantenimiento.

2.2.2. Manuales de la aeronave

En este punto se exponen los manuales pertenecientes a cada aeronave, que se deben facilitar por parte del fabricante, estos manuales son de vital importancia a la hora de cumplir el correcto mantenimiento de cada aeronave. A continuación veremos los diferentes manuales y sus principales funciones.

2.2.2.1. Aircraft Maintenance Manual (AMM)

Se trata del manual de mantenimiento usado por los técnicos de mantenimiento para proceder directamente al cambio de un componente.

En el queda referenciado según un código comenzando por los dos primeros dígitos según el sistema de la aeronave al que pertenezca ese componente una tarea de sustitución de componente.

En el contenido de dicha tarea del AMM se encuentra en primer lugar las medidas preventivas que se deben adoptar para realizar la faena de manera segura, posteriormente se detallara como ganar acceso al componente que se debe sustituir seguido de las acciones que se deben realizar para el desmontaje del componente en si, su posterior instalación, comprobación de correcto funcionamiento y por ultimo vuelta de la aeronave a condiciones normales.

En el AMM quedan reflejadas todas las acciones que un técnico de mantenimiento puede realizar a la hora de tomar acciones en una reparación, con lo cual este debe siempre apoyarse en el y utilizarlo obligatoriamente, teniendo que seguir los pasos tal y como se describen. Es por esto que cuando se realiza una acción de mantenimiento siempre quedara reflejada en el Technical Log Book con la respectiva tarea del AMM que corresponde, para que se tenga conocimiento de que se ha cambiado un componente de acuerdo con lo establecido en la tarea correspondiente al cambio de ese componente en el AMM.

2.2.2.2. Structural Repair Manual (SRM)

Este manual es similar al AMM, la única y gran diferencia es que en el solo encontraremos que hacer en caso de que la acción de mantenimiento sea a nivel estructural de la aeronave.

Por lo tanto aquí no se encontraran tareas de cambios de elementos a no ser que sean estructurales. También encontraremos procedimientos a seguir en reparaciones estructurales de la aeronave.

2.2.2.3. Trouble Shooting Manual (TSM)

Manual que consiste en definir un procedimiento a seguir con el fin de encontrar la acción optima que solucione una avería de la aeronave.

Supongamos que los computadores del avión reportan un fallo de un sistema. La acción correcta a seguir esta prescrita en el Trouble Shooting Manual, de modo que, la persona encargada de realizar el mantenimiento deberá referirse a este manual, el cual se estructura de la misma manera que el AMM y el SRM y buscar en la referencia correcta,

a partir de ahí el TSM el guiará por todas las acciones que deberá tomar, puede ser que en primer lugar mande un cambio de componente, y posteriormente si sigue el fallo mande otro cambio de un componente distinto o primeramente mande realizar una serie de comprobaciones y según resultados mande un cambio de componente u otro etc.

Este manual define las pautas a seguir tras el reporte de una avería, con lo cual no se debe proceder a cambiar un componente o tomar cualquier otra acción de mantenimiento sin antes consultar el TSM.

2.2.2.4. Illustrated Parts Code (IPC)

El IPC como su nombre lo indica se basa en una ilustración de absolutamente todos los componentes de la aeronave, es un catalogo de componentes de la aeronave, en el cual cada componente recibe un *part number* (P/N) el cual sirve de nombre o referencia para solicitar ese componente al fabricante.

Este manual se estructura por código similar a los anteriores, de manera que entrando en el código correspondiente a un sistema podemos ver una ilustración con todos los componentes de ese sistema. Por ejemplo si entramos en el apartado de energía hidráulica podremos encontrar ilustraciones con referencias de P/N desde la misma bomba hidráulica que proporciona energía hasta la arandela que va en uno de los tornillos que la sujeta.

2.2.2.5. Electrical Standard Practices Manual (ESPM)

Este manual recoge los procedimientos a seguir para realizar las tareas de mantenimiento referidas a sistemas eléctricos básicos. Todas las tareas básicas referidas a sistemas eléctricos sencillos de la aeronave quedaran definidas en este manual, estas tareas pueden ser por ejemplo el cambio de una bombilla de la luz de lectura de un pasajero, etc.

Solo contempla como su nombre dice las practicas sencillas en lo que la parte eléctrica se refiere, los cambios de componentes eléctricos de mayor importancia quedaran referidos en el AMM.

2.2.2.6. Maintenance Planning Document (MPD)

El MPD es la guía básica para realizar el mantenimiento de la aeronave, sin el no se puede realizar el mantenimiento y con lo cual la aeronave estará fuera de las condiciones de aeronavegabilidad.

Básicamente se trata de un plan de mantenimiento que el fabricante de la aeronave proporcionara a la empresa que lo vaya a realizar, donde quedaran definidos los intervalos para realizar esas acciones de mantenimiento, intervalos definidos en horas de vuelo, ciclos de vuelo o días de calendario.

A su vez el MPD también contiene información sobre el tiempo necesario para realizar estas acciones de mantenimiento en horas hombre.

2.3 Mantenimiento

A lo largo de la vida útil de un avión, la compañía aérea operadora del mismo es responsable de realizar, bien por cuenta propia o por cuenta ajena, un mantenimiento del mismo, de modo que en todo momento se garanticen las condiciones de aeronavegabilidad. El mantenimiento de las aeronaves es una actividad central en el funcionamiento de las compañías aéreas.

En el reglamento EASA 1321/2014 citado anteriormente se define mantenimiento como: *"una o más de las siguientes actividades: revisión general, reparación, inspección, sustitución, modificación o rectificación de defectos de una aeronave o de un elemento; la inspección pre-vuelo no queda dentro de este concepto"*

Entendemos la aeronavegabilidad como las condiciones establecidas por un Estado para que una aeronave sea considerada apta para realizar un vuelo de forma segura. Es deber del propietario mantener la aeronave en estas condiciones y para ello seguir el mantenimiento adecuado.

Dentro del mantenimiento encontramos dos grandes grupos que veremos a continuación el mantenimiento programado y el no programado.

2.3.1. Mantenimiento programado

El mantenimiento programado, corresponde con todas aquellas actividades cuya realización es impuesta por el Maintenance Planning Document (MPD) establecido por el fabricante, y que tiene como finalidad mantener las condiciones de aeronavegabilidad de la aeronave. Todo programa debe estar aprobado por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

Podemos encontrar tres grupos dentro del mantenimiento programado: Mantenimiento de línea, mantenimiento menor y mantenimiento mayor.

2.3.1.1 Mantenimiento de línea

El mantenimiento de línea es aquel que se realiza en el mismo hangar donde se estaciona la aeronave, se puede realizar en una escala entre vuelos o al acabar su operación diaria, las inspecciones de este tipo son visuales y sencillas, las reparaciones derivadas de estas inspecciones suelen ser de pequeños defectos surgidos en el vuelo. El mantenimiento de línea incluye las siguientes inspecciones:

Inspección pre vuelo: se realiza en la escala entre cada aterrizaje y el siguiente despegue del avión. Es llevada a cabo por el piloto o un técnico de mantenimiento, el cual revisa el estado general de motores, de otros mandos e instrumentos de vuelo como los timones de dirección y profundidad, tren de aterrizaje, etc.

Inspección diaria: se realiza como máximo cada 47 horas y 59 minutos. Se inspeccionan de forma detallada el exterior del avión, incluyendo estado de ruedas y frenos, lubricación de los amortiguadores de trenes de aterrizaje, comprobación de niveles de aceite, hidráulico, presión

de oxígeno de sistema auxiliar de tripulación técnica y revisión del equipo de emergencia a bordo. Su duración aproximada es de dos horas.

Inspección semanal: se realiza cada cien horas de vuelo, o 7 días de calendario. Se inspeccionan aspectos más detallados relacionados con la seguridad alrededor del avión. Su duración es de unas tres horas y es llevada a cabo por técnicos de mantenimiento de vuelo calificados en los hangares pista.

2.3.1.2 Mantenimiento menor

El mantenimiento menor es de carácter preventivo en comparación al mantenimiento de línea, y se divide en tres tipos de inspecciones:

Inspección tipo A: Realizada mensualmente. Incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad.

Inspección tipo B: Realizada semestralmente. También comprueba la seguridad de sistemas, componentes y estructura, pero con mayor alcance y profundidad que la anterior.

Inspección tipo C: Realizada anualmente. Se lleva a cabo una inspección completa y extensa, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyéndolos sistemas, las instalaciones y la estructura visible.

2.3.1.3 Mantenimiento mayor

El mantenimiento mayor o gran parada, con el que se cubre completamente el denominado Programa de Inspección Estructural programa en el cual se definen inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales.

Es la revisión más profunda y minuciosa por la que tienen que pasar todos los aviones. En ella, se engloban trabajos como el decapado completo de la pintura exterior del aparato, seguido de una revisión estructural de fuselaje, alas, cola y timón de profundidad, que se realiza empleando sofisticados sistemas electrónicos que detectan fisuras o anomalías tal como lo hace un equipo de Rayos X. Posteriormente se efectúa el cambio de motores, trenes de aterrizaje, mandos de vuelo y el resto de elementos técnicos.

Finalmente se realizan una serie de pruebas en tierra, y un vuelo de prueba en el que se lleva el avión a situaciones límite para comprobar que todos los sistemas y componentes responden satisfactoriamente. Al final del proceso, el avión sale del hangar con cero horas de vuelo, es decir, como recién salido de fábrica.

La inspección se realiza tras las 4.000 - 5.000 horas de vuelo dependiendo del modelo de avión. Ésta tiene un gran coste económico y requiere entre 15000 y 20000 horas de trabajo, esta inspección no está al alcance de todos los centros de mantenimiento, por lo que muchos centros se ven obligados a subcontratar a otras empresas con medios para realizar esta inspección.

2.3.2. Mantenimiento no programado

El mantenimiento no programado, corresponde con aquellas actividades de mantenimiento que se realizan cuando surgen incidentes inesperados en el avión. Dependiendo del nivel de importancia de éstos, puede ocurrir que la subsanación de los efectos del incidente puedan diferirse o puede ocurrir que deban subsanarse de inmediato. Durante todas las operaciones de mantenimiento se sigue un registro de incidencias y datos de evaluación de los componentes, para mantener la aeronavegabilidad continuada.

2.4 El Logbook

El objetivo de los puntos anteriores era entender la importancia del correcto control de las horas de vuelo en el mundo del mantenimiento aeronáutico, una vez adquiridos los conocimientos necesarios podemos introducir el método actual de control de horas de vuelo, al que mas adelante pondremos una alternativa con nuestro prototipo.

El logbook por lo general es un cuaderno en el que se anotan los sucesos importantes durante los trayectos recorridos, en el mundo de la aeronáutica encontramos dos tipos de gran importancia y que se deben rellenar tras cada vuelo con diferentes datos. A continuación veremos el logbook de la aeronave y el del piloto, así como la normativa que los respalda.

2.4.1. Logbook de la aeronave

El cuaderno de la aeronave, diario de a bordo o logbook de la aeronave es un documento de vital importancia en el mundo aeronáutico. En España los distribuye el Ministerio de Fomento, están a la venta en su página web y se pueden adquirir fácilmente.

El Logbook acompañará a la aeronave en todos sus vuelos y se deben registrar datos tales como las horas de vuelo, los despegues y aterrizajes realizados y los incidentes en caso de que haya.

En el convenio sobre Aviación Civil Internacional de la OACI se especifican los documentos que se deben llevar a bordo de la aeronave en cada vuelo.

Como hemos mencionado anteriormente en el convenio OACI 7300/9 “*Capítulo V Condiciones que deben cumplirse con respecto a las aeronaves.*” Encontramos los artículos donde se define el uso del cuaderno:

- **Artículo 29 Documentos que deben llevar las aeronaves:**
“Toda aeronave de un Estado contratante que se emplee en la navegación internacional llevará los siguientes documentos: certificado de matrícula, certificado de aeronavegabilidad, licencias de cada miembro de la tripulación, **diario de a bordo**, licencia de la estación de radio de la aeronave, lista con nombres de los pasajeros lugares de embarco y destino, manifiesto y declaraciones detalladas de la carga.”
- **Artículo 34 Diario de a bordo:**
“Por cada aeronave que se emplee en la navegación internacional se llevará un diario de a bordo, en el que se asentarán los datos relativos a la aeronave, a su tripulación y a cada viaje en la forma que oportunamente se prescriba en aplicación del presente Convenio.”

A parte de en el Convenio citado anteriormente también encontramos referencias al logbook de la aeronave y que debe registrarse en este en el reglamento EASA 1321/2014 **Anexo I Sección A Requisitos técnicos ; Subparte C Mantenimiento de la aeronavegabilidad :**

- **M.A.305 Sistema de registro del mantenimiento de la aeronavegabilidad de la aeronave:**
“c) En los libros de vuelo de la aeronave quedarán registrados el tipo y la matrícula de la aeronave, la fecha y el tiempo total de vuelo, ciclos de vuelo y/o aterrizajes, según corresponda.”



Figura 2.4.1. Cuaderno de la Aeronave

Así pues podemos ver como el uso del Logbook de la aeronave no es simplemente por su utilidad y la información que este contiene, si no que su uso esta estipulado por ley. No es válido cualquier diario sino que se debe utilizar el oficial proporcionado por el Ministerio de Fomento.

2.4.2. Logbook del piloto

El Logbook del piloto es el libro donde todo piloto debe llevar un registro minucioso de sus vuelos y las características de estos, se deben anotar si el vuelo es visual o instrumental, si es el piloto principal o copiloto y más detalles que veremos a continuación.



Figura 2.4.2.1. *Diario de Vuelo del Piloto*

Su uso se define en *Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-FCL* que se trata de un documento oficial de EASA en el cual se define la formación que debe recibir un piloto dependiendo de la licencia que quiera obtener y las pautas que deben seguir, entre ellas el uso del Logbook por parte de los pilotos.

En concreto nos interesa el “*AMC1 FCL.050 Recording of flight time*” en el podemos encontrar las características que debe tener el Logbook y como se debe rellenar cada una de las casillas de este.

EASA Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-FCL

AMC1 FCL.050 Recording of flight time:

“(a) Los registros de vuelo deben contener al menos la siguiente información:

- Detalles personales: nombre y dirección del piloto;*
- Para cada vuelo : nombre del piloto al cargo(PIC), fecha del vuelo, lugar y hora de salida y llegada, tipo de aeronave, tiempo total volado, tiempo total de vuelo acumulado.*
- Para cada sesión de simulador: tipo y clase del simulador, modo de instrucción, fecha, tiempo total de la sesión, tiempo total acumulado.*
- Detalles de la función del piloto.*
- Detalles de las condiciones de operación en caso de que sea vuelo instrumental o nocturno.*

El apartado *a* es el que nos interesa pues el resto simplemente define como se deben rellenar las casillas del Logbook, en las figuras 2.4.2.2. y 2.4.2.3. podemos observar como debe quedar el Logbook tras un vuelo.

1	2		3		4		5				6		7	8	
DATE (dd/mm/yy)	DEPARTURE		ARRIVAL		AIRCRAFT		SINGLE PILOT TIME		MULTI-PILOT TIME		TOTAL TIME OF FLIGHT		NAME(S) PIC	LANDINGS	
	PLACE	TIME	PLACE	TIME	MAKE, MODEL, VARIANT	REGISTR ATION	SE	ME						DAY	NIGHT
08/04/12	LFAC	1025	EGBJ	1240	PA34-250	G-SENE		✓			2	15	SELF	1	
09/04/12	EGBJ	1810	EGBJ	1930	C152	G-NONE	✓				1	20	SELF		2
11/04/12	LGW	1645	LAX	0225	B747-400	G-ABCD			9	40	9	40	NAME(S) PIC		1

Figura 2.4.2.2. Ejemplo de Logbook parte 1

9				10								11						12	
OPERATIONAL CONDITION TIME				PILOT FUNCTION TIME								FSTD SESSION						REMARKS AND ENDORSEMENTS	
NIGHT		IFR		PIC		CO-PILOT		DUAL		INSTRUCT OR		DATE (dd/mm/yy)		TYPE		TOTAL TIME OF SESSION			
		2	15	2	15														
1	20			1	20					1	20							Night rating training	
												10/04/12	B747-400 (Q1234)	4	10			Revalidation proficiency check	
8	10	9	40	9	40													PIC(US): signature of NAME(S) PIC	

Figura 2.4.2.3. Ejemplo de Logbook parte 2

2.5. Restricciones de horas de vuelo

El piloto durante su jornada laboral esta sometido a un gran nivel de estrés, es una profesión en la que se tiene una gran responsabilidad y se debe estar siempre alerta. Hoy en día gracias a las mejoras tecnológicas el piloto tiene ayuda de los sistemas electrónicos, pero aun así un error por parte del piloto podría ser fatal.

Se han producido a lo largo de los últimos años múltiples accidentes debidos a la fatiga del piloto, ya que esta provoca errores. El riesgo aumenta exponencialmente durante la noche, por ello se establecen unos límites de horas de vuelo que por la seguridad del piloto, tripulación y de las personas que se encuentran en tierra nunca se deben sobrepasar.

Las restricciones se establecen de forma diferente para el transporte aéreo comercial y para los trabajos aéreos. A continuación veremos las diferencias entre sus restricciones, pero antes se definen varios conceptos básicos. Las definiciones provienen del Reglamento (UE) 83/2014 29 de Enero de 2014:

- **“Sector** : segmento de un período de actividad de vuelo transcurrido entre que una aeronave comienza a moverse con el fin de despegar hasta que esta se detiene después de aterrizar en el puesto de estacionamiento designado.”
- **“Actividad**: cualquier tarea que desempeña un miembro de la tripulación para el operador, incluido la actividad de vuelo, trabajo administrativo, dar o recibir entrenamiento y verificación, posicionamiento, y algunos elementos de la imaginaria. “
- **“Período de actividad**: período que comienza en el momento en el que un operador solicita a un miembro de la tripulación que se presente al servicio y que termina cuando esa persona está libre de cualquier actividad.”
- **“Período de actividad de vuelo(FDP)**: período que comienza cuando un miembro de la tripulación es requerido para presentarse al servicio, que incluye un sector o una serie de sectores, y termina cuando el avión se detiene completamente y se apagan los motores, al final del último sector en el que la persona actúa como miembro de la tripulación operativa.”
- **“Tiempo de vuelo**: para aviones y motoveleros de turismo, el tiempo transcurrido desde que una aeronave comienza a moverse desde el sitio de estacionamiento con el fin de despegar hasta que se detiene en el puesto de estacionamiento y se apagan todos los motores o hélices.”

Debemos destacar que para ambos tipos de vuelo se establecen dos limitaciones, la primera limitación será un número total de horas a nivel mensual y anual y la segunda un número de horas de actividad diaria continuada.

2.5.1. Transporte aéreo comercial

Las restricciones de horas de vuelo para el transporte aéreo comercial se definen en el documento nombrado anteriormente, Reglamento (UE) 83/2014 29 de Enero de 2014, en cuanto a las limitaciones de horas totales a nivel mensual y anual encontramos el siguiente artículo:

ORO.FTL.210 Tiempos de vuelo y períodos de actividad:

- **a)** *Los períodos de actividad totales que pueden ser asignados a un miembro de la tripulación no podrán exceder de:*
 - 1) *60 horas de actividad en siete días consecutivos;*
 - 2) *110 horas de actividad en 14 días consecutivos, y*
 - 3) *190 horas de actividad en 28 días consecutivos, repartidas tan uniformemente como sea posible a lo largo de ese período.*
- **b)** *El tiempo de vuelo total de los sectores asignados a un miembro de la tripulación en calidad de miembro de la tripulación operativa, no podrá exceder:*
 - 1) *100 horas de tiempo de vuelo en 28 días consecutivos;*
 - 2) *900 horas de tiempo de vuelo en un año natural,*
 - 3) *1 000 horas de vuelo en cualquier período de 12 meses consecutivos.*
- **c)** *La actividad post-vuelo se considerará actividad. El operador especificará en el manual de operaciones el período de tiempo mínimo para actividades post-vuelo.*

Vemos como el artículo citado anteriormente distingue entre periodo de actividad y periodo de actividad de vuelo, es por ello que se han introducido las definiciones de estos conceptos anteriormente, para poder entender correctamente este artículo.

En la Figura 2.5.1. podemos observar las limitaciones diarias de horas de vuelo en función de la hora a la que comienza el período de actividad de vuelo y en función de los sectores, puesto que los aterrizajes y despegues someten al piloto a más estrés por ello a más sectores menos horas de vuelo permitidas.

Se puede observar como el menor número de horas de vuelo lo tiene el intervalo de 17:00 a 04:59 puesto que el piloto que inicie su actividad a durante este intervalo lo más probables es que vuele de noche, siendo esta la situación crítica para la aparición de fatiga como hemos nombrado anteriormente.

Inicio del período de actividad de vuelo a la hora de referencia	1-2 Sectores	3 Sectores	4 Sectores	5 Sectores	6 Sectores	7 Sectores	8 Sectores	9 Sectores	10 Sectores
0600-1329	13:00	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00
1330-1359	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00
1400-1429	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
1430-1459	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
1500-1529	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
1530-1559	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00
1600-1629	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00
1630-1659	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00	09:00
1700-0459	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00
0500-0514	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
0515-0529	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
0530-0544	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
0545-0559	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00

Tabla 2.5.1. Limitaciones de horas de vuelo diarias

2.5.2. Trabajos aéreos

Las restricciones de horas de vuelo para operaciones de emergencia, tratamientos aéreos, transporte de material y lanzamiento de agua con helicóptero se definen en la DGAC Circular Operativa 16B y en su Anexo, en concreto el punto 4.1 que se muestra a continuación:

4. Limitaciones de tiempo de vuelo y presencia física.

4.1 En cualquier periodo de 28 días consecutivos, el tiempo máximo acumulado de vuelo será de 80 horas, y de 700 horas en un periodo de 12 meses.

Para las restricciones a nivel diario encontramos una tabla como la del apartado anterior, en función de la hora de inicio y el número de aterrizajes.

Hora de Presentación	Número de aterrizajes			
	1 a 4	5	6	≥ 7
0700 - 1159	1030	0945	0900	0830
1200 - 1359	1000	0915	0830	0830
1400 - 1559	0930	0845	0830	0830
1600 - 1759	0900	0830	0830	0830
1800 - 0359	0830	0830	0830	0830
0400 - 0459	0900	0830	0830	0830
0500 - 0559	0930	0845	0830	0830
0600 - 0659	1000	0915	0830	0830

Tabla 2.5.2. Limitaciones diarias para Trabajos Aéreos

3 Prototipo

3.1. Hardware.....	26
3.1.1. RaspberryPi2.....	26
3.1.2. SenseHat.....	27
3.1.3. Modulo GPS.....	29
3.1.4. Receptor Wi-Fi.....	30
3.1.5. Teclado.....	30
3.1.6. Ratón.....	31
3.1.7. Batería externa.....	31
3.2. Software.....	32
3.3. Presupuesto.....	33
3.4. Manual del usuario.....	35

3. Prototipo

En este apartado se describen las herramientas que se utilizan a lo largo del trabajo, el coste de estos y el funcionamiento del prototipo final. En primer lugar los dispositivos hardware que se han utilizado para montar el prototipo y posteriormente el software empleado para su funcionamiento, un manual para su correcto uso y el presupuesto.

3.1. Hardware

3.1.1. Raspberry Pi2

Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida , ordenador de placa única u ordenador de placa simple (SBC) de bajo coste desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi , con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de computación en las escuelas.

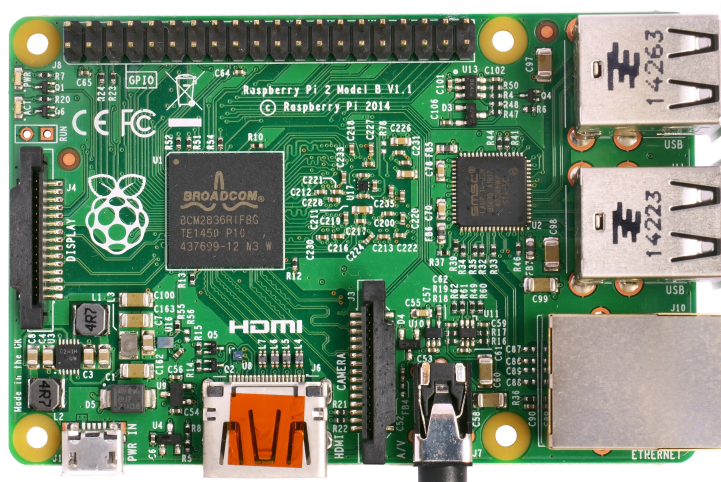


Figura 3.1.1. Raspberry Pi2

Procesador	Broadcom BCM2836 ARM Cortex-A7
RAM	1GB
Sistema Operativo	Raspbian
Alimentación	5V por micro USB

Tabla 3.1.1. Especificaciones Técnicas

A parte de las características mostradas en la Tabla 3.1.1 la RaspberryPi2 cuenta con una salida de vídeo y audio a través de un conector HDMI, con lo que conseguiremos conectar la tarjeta tanto a televisores como a monitores que cuenten con dicha conexión. En cuanto a vídeo se refiere, también cuenta con una salida de vídeo compuesto y una salida de audio a través de un minijack. Posee una conexión ethernet 10/100, no disponemos de conexión WI-FI pero gracias a los cuatro puertos USB incluidos podremos suplir dicha carencia con un adaptador WI-FI si lo necesitamos.

Los puertos tienen una limitación de corriente, por lo que si queremos conectar discos duros u otro dispositivos habrá que hacerlo a través de un hub USB con alimentación. En su parte inferior cuenta con un lector de tarjetas SD, que da la posibilidad de instalar un sistema operativo en una tarjeta de memoria de 4 GB o más. De esta forma tenemos también la posibilidad de minimizar el espacio que necesitamos para tener todo un ordenador en un volumen mínimo.

Uno de los atractivos que tiene la RaspberryPi2 es el bus de expansión GPIO de 40 pines.

El puerto GPIO (General Purpose Input/Output) permite a la RaspberryPi comunicarse con el exterior tanto para activar elementos como para leer el estado de los mismos. La tensión de trabajo del puerto es de 3,3v para un uno y 0v para un 0. Además, la corriente máxima que puede suministrar es de 16 mA.

3.1.2. Módulo Sense Hat

Los creadores de RaspberryPi desarrollaron un módulo llamado Sense Hat para la misión AstroPi, en la cual dos RaspberryPi han sido enviadas al espacio para tomar datos a bordo de la Estación Espacial Internacional. A continuación veremos sus características principales.

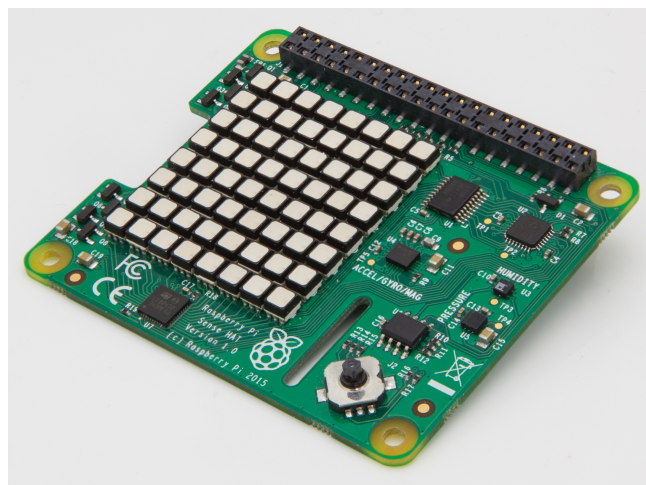


Figura 3.1.2. Módulo Sense Hat

El módulo dispone de una librería propia en Python que hemos utilizado para desarrollar el código del prototipo como veremos más adelante. La placa se conecta directamente al conector GPIO de la Raspberry.

Cuenta con un sensor de presión y de temperatura, con 24 bits de resolución para el caso de la presión y 16 bit para la temperatura. Otro sensor de temperatura, combinado con un sensor de humedad, ambos con 16 bit de resolución y el último de los sensores, un sensor de aceleración, giroscopio y campo magnético con nueve grados de libertad y 16 bit de resolución.

Sense Hat también cuenta con una matriz LED de 8 por 8 elementos y con 15 bit de resolución RGB y un joystick para la selección de elementos escaneado 80 veces por segundo.

Componentes	Resolución(bit)
Sensor de temperatura y humedad	16/24
Sensor de temperatura y presión	16
Sensor de aceleración, giroscopio y campo magnético	16
Matriz Led 8x8	15
Joystick	-

Tabla 3.1.2. Resumen componentes Sense Hat

3.1.3. Módulo GPS

Para obtener la posición en tres dimensiones de nuestra aeronave así como la velocidad a la que nos desplazamos hemos utilizado un receptor de GPS basado en el chip Venus816.

Puede trabajar con señales de GPS, QZSS y SBAS, cuenta con una precisión de 2.5 m en cuanto a posición, 0.1m/s de velocidad y 12ns en cuanto al tiempo. Su límite operacional es de 18.000 m y 550m/s, podemos considerar estas características suficientes para realizar el prototipo.

Cuenta con un tiempo de localización de satélites de 30 segundos tras el arranque en frío y de 1 segundo en los siguientes arranques. Además posee sistemas de detección y supresión de jamming y de efecto multicamino lo que aumenta la fiabilidad del receptor.



Figura 3.1.3. Módulo GPS

3.1.4. Receptor Wi-Fi

Debido a la falta de un receptor de Wi-Fi incorporado en la placa debemos incorporar uno externo. Es esencial para tener la placa conectada a internet y poder realizar consultas a mientras desarrollamos el código, pero no será necesario de cara al prototipo final.



Figura 3.1.4. Receptor Wi-Fi

3.1.5. Teclado

El teclado es fundamental ya que al ser la placa un ordenador podemos desarrollar el código directamente en esta sin necesidad de otro ordenador. Hemos optado por uno inalámbrico por su tamaño y su comodidad para transportarlo.



Figura 3.1.5. Teclado Inalámbrico

3.1.6. Ratón

Al igual que el teclado necesitaremos de un ratón para que la placa cumpla sus funciones como ordenador corriente. Nos valdrá cualquier ratón ya que de cara al prototipo final no lo incorporaremos, solo lo utilizaremos para la fase de desarrollo del código.



Figura 3.1.6. Ratón

3.1.7. Batería portátil

Durante el proceso de desarrollo hemos trabajado con la placa conectada a la alimentación directamente pero para el uso del prototipo embarcado utilizaremos una batería portátil ya que nos proporciona suficiente autonomía y es como de transportar.

La batería utilizada suministra tiene 3.000 miliamperios-hora (mAh) en caso de necesitar mas autonomía bastaría con utilizar una batería con mayor capacidad, pues podemos encontrar baterías de hasta 20.000 mAh.



Figura 3.1.7. Batería portátil

3.2 Software

Para el desarrollo del código necesario para controlar las horas de vuelo y registrarlas en un archivo hemos utilizado Python, un lenguaje de programación interpretado cuyo objetivo es mantener una sintaxis legible y lo más simple posible.

Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.

Es administrado por la Python Software Foundation. Posee una licencia de código abierto, denominada Python Software Foundation License, que es compatible con la Licencia pública general de GNU a partir de la versión 2.1.1.

A continuación nombramos los principales principios de programación de Python:

- Bello es mejor que feo.
- Explícito es mejor que implícito.
- Simple es mejor que complejo.
- Si la implementación es difícil de explicar, es una mala idea.

Podemos ver como los principios concuerdan con el objetivo y la idea de mantener el código lo más simple y limpio posible.



Figura 3.2. Logo de Python

A parte de lo mencionado anteriormente hay que destacar que una de las ventajas de utilizar Python en este proyecto es hacer uso de la biblioteca del módulo Sense Hat, la cual se ha desarrollado por la fundación Raspberry Pi. Tiene su propio foro donde se puede consultar gran cantidad de ejemplos y que han sido muy útiles a la hora de desarrollar nuestro código y conseguir el correcto funcionamiento del prototipo.

Otra de las ventajas de usar Python ha sido el disponer de una librería Comma Separated Values (CSV). CSV es un formato para almacenar datos, tal y como su nombre indica separados por comas, este formato es compatible con Excel y es el que se ha utilizado para almacenar los registros del tiempo de vuelo, ya que las plantillas de las aeronaves en las organizaciones de mantenimiento suelen estar en Excel y así se facilita el intercambio de datos.

3.3 Presupuesto

En este apartado veremos los costes de este proyecto en tres tablas diferentes, en primer lugar presentamos los materiales necesarios para el prototipo, en la segunda tabla se presentan los materiales de uso complementario para el proyecto y finalmente veremos la suma de estos costes y los de las horas de trabajo.

A continuación en la Tabla 3.3.1 podemos ver el precio de los materiales principales del prototipo, estos materiales se han detallado anteriormente.

Material	Precio(€)
Raspberry Pi2	45.50
Módulo Sense Hat	33.90
Módulo GPS	44.90
Teclado inalámbrico	16.99
Batería portátil	9.99
Total	151.28

Tabla 3.3.1. Materiales del prototipo

En la Tabla 3.3.2. se puede observar el precio de los materiales complementarios, estos materiales los hemos utilizado para poder realizar el prototipo.

Material	Precio(€)
Pantalla con HDMI	100
Ordenador portátil de gama media	600
Cable HDMI	10
Ratón de ordenador	10
Total	720

Tabla 3.3.2. Materiales Complementarios

Finalmente en la Tabla 3.3.3 se muestra la suma del total de las dos tablas anteriores y del precio de las horas invertidas en el proyecto. En cuanto a las horas invertidas han sido alrededor de 300 horas de trabajo para realizar tanto el prototipo como la memoria y la presentación. Así pues se asume un coste de 13€ por hora, suponiendo un sueldo de 2.000€ mensuales, hacen un total de 3.900€ en concepto de horas de trabajo.

Material	Precio(€)
Material del prototipo	151.28
Material complementario	720
Horas de trabajo	3 900
Total	4 771.28

Tabla 3.3.3. Presupuesto final

3.4. Manual del Usuario

En este apartado describiremos el funcionamiento del prototipo y los pasos a seguir para utilizarlo correctamente.

En primer lugar debemos tener el prototipo completo, sin conectar la batería, preparado para subirlo a bordo de la aeronave e instalarlo. Lo ideal sería diseñar un soporte que permitiese fijarlo en la cabina con el piloto, pero los sensores funcionarán independientemente de su posición en la aeronave.

Una vez el prototipo esté a bordo solamente hay que conectar la batería portátil e introducir las unidades de memoria tanto la del piloto como la correspondiente a la aeronave. Esto iniciará la placa que esta programada para ejecutar el código al arranque, la placa pedirá el número de licencia de piloto para identificarlo y así poder completar los registros.

Tras introducir el número de licencia el prototipo queda en espera comprobando la situación de la aeronave, una vez esta despegue, y con ayuda del GPS y los sensores, la placa lo detectará y comenzará el control del tiempo volado a la vez que comprueba constantemente su situación para detectar el aterrizaje.

Finalmente tras aterrizar la placa registrará el tiempo volado en ambas unidades de memoria, tras esto el piloto podrá quedarse la suya propia y facilitar la de la aeronave a la unidad de mantenimiento correspondiente para el volcado de datos. En la Figura 3.4.2 podemos observar el funcionamiento del prototipo en un diagrama de flujo.

De este modo conseguimos que el piloto tenga su unidad de memoria personal para que controle correctamente las horas que ha volado y no exceda los límites y que las unidades de las aeronaves sean reutilizables. Una vez descargada la información del vuelo en la oficina de mantenimiento podremos eliminar los datos e utilizar esta unidad de memoria en otra aeronave, optimizando los recursos.

Para volver a utilizar el prototipo simplemente se tiene que desconectar la batería y conectarla otra vez lo que reiniciará la placa volviendo al estado inicial.



Figura 3.4.1 Prototipo completo

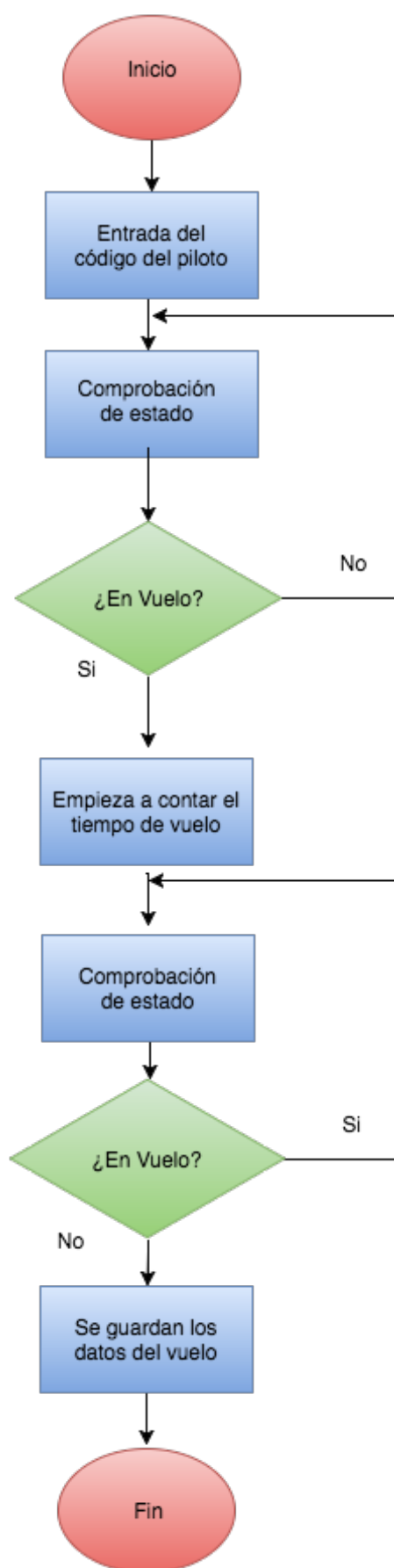


Figura 3.4.2 Diagrama de flujo

4. AMPLIACIÓN

Una vez alcanzado el objetivo práctico de este trabajo de final de grado, el cual era diseñar y programar un prototipo capaz de registrar las horas de vuelo y guardarlas en un fichero, podemos dejar planteada una posible ampliación y como deberíamos llevarla a cabo.

La ampliación a desarrollar sería un programa informático que diese soporte a nuestro prototipo. A continuación se definen los requisitos que debería cumplir el programa propuesto como ampliación.

Este programa en primer lugar debería ser capaz de una vez introducidas las unidades de memoria en el ordenador con los datos del vuelo, descargase la información en las plantillas de las aeronaves correspondientes.

En segundo lugar debería avisar en caso de que alguna de las aeronaves cumpliera las horas para realizar una de las revisiones programadas en los manuales de mantenimiento.

Finalmente para que AESA pudiese llevar un control más exhaustivo y sencillo sobre las aeronaves y compañías que las operan, sería interesante que el programa subiera los datos a una web organizada por compañías en la cual AESA comprobase que las organizaciones llevan un correcto mantenimiento de sus aeronaves y que las revisiones se cumplen dentro de los plazos establecidos.

5. CONCLUSIONES

Como se ha podido observar a lo largo de la memoria, se ha logrado el objetivo principal que era desarrollar correctamente un prototipo que nos permitiese automatizar el control de las horas de vuelo, para mejorar la precisión y la fiabilidad de los registros, así como dejar de lado los aparatosos logbooks y utilizar unidades de memoria portátiles.

Se ha optado por utilizar una plataforma libre tanto software como hardware para disponer de mayor flexibilidad y un coste menor. Para lograr este objetivo se ha utilizado la Raspberry Pi2 junto con Python. Con la ayuda de las librerías propias de la fundación Raspberry Pi y gran cantidad de tutoriales y guías encontradas en internet se han adquirido los conocimientos necesarios de Python para realizar el proyecto puesto que Python era un lenguaje completamente nuevo para mi

Al lograr el objetivo principal también se han logrado los secundarios, se han asimilado los cimientos del mantenimiento aeronáutico, así como la normativa principal en la que deben basarse las organizaciones de mantenimiento aeronáutico y se ha entendido la importancia del control de las horas de vuelo en el mantenimiento y en el mundo aeronáutico en general.

Podemos ver como hoy en día con la tecnología existente es relativamente sencillo desarrollar un sistema alternativo al actual. El trabajo se ha centrado en el control del tiempo de vuelo, pero en un futuro y con mas horas para trabajar se podría ampliar la cantidad de datos que el prototipo registrase, ya que disponemos de varios sensores que no hemos utilizado.

Para finalizar este trabajo hay que destacar el impacto que tendría nuestro prototipo, en primer lugar supondría un ahorro en espacio, tiempo y material a las empresas, puesto que cada aeronave debe contar con su logbook y estos deben guardarse dos años tras ser rellenados completamente. Esto supone disponer de una sala o habitación que haga de almacén, la cual podría tener un uso diferente para la empresa. También supone un ahorro en tiempo como se ha mencionado anteriormente ya que de la forma tradicional tras un vuelo en la oficina de mantenimiento alguno de los trabajadores debe dejar de lado sus tareas para actualizar los registros electrónicos de las aeronaves y añadir el tiempo volado.

Y en segundo lugar el impacto medioambiental que tendría pues el logbook no deja de ser un libro y esta hecho de papel, además cada vez que se rellena por completo o se extravía hay que cambiarlo. Las unidades de memoria son de usos ilimitados y como se ha propuesto que después de cada vuelo los registros se guarden en la base de datos y se deje limpia la unidad de memoria, perder una solo supondría perder los datos del último vuelo y no como actualmente que supone perder todos los registros de la aeronave.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Cristina Cuerno Rejado (2008) *Aeronavegabilidad y certificación de Aeronaves*, Cengage Learning Paraninfo.
- Reglamento (CE) nº 1321/2014 de la comisión de 26 de noviembre de 2014.
- OACI Documento 7300/09 *Convenio sobre Aviación Civil Internacional*
- EASA *Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-FCL*
- Centro de Motores Térmicos, UPV *Apuntes para el mantenimiento de aeronaves*
- Reglamento(UE) nº 83/2014 de la comisión de 29 de enero de 2014
- DGAC circular operativa 16 b
- Características Raspberry Pi 2
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>
- Características Módulo Sense Hat, librería propia y ejemplos consultados
<https://www.raspberrypi.org/products/sense-hat/>
<https://pythonhosted.org/sense-hat/>
<https://github.com/RPi-Distro/python-sense-hat>
- Web principal de Python
<https://www.python.org/>
- Zed A. Shaw (2014) *Aprenda a programar con Python*, Anaya Multimedia.
- Como manejar el Módulo GPS con Python
<http://www.danmandle.com/blog/getting-gpsd-to-work-with-python/>
- Para completar definiciones
<https://es.wikipedia.org/>

Apéndice A. Código desarrollado en Python

```
import os
from gps import *
from time import *
import time
import threading
from sense_hat import SenseHat
gpsd = None

os.system('clear') #clear the terminal (optional)

class GpsPoller(threading.Thread):
    def __init__(self):
        threading.Thread.__init__(self)
        global gpsd #bring it in scope
        gpsd = gps(mode=WATCH_ENABLE)
        self.current_value = None
        self.running = True

    def run(self):
        global gpsd
        while gpsd.running:
            gpsd.next()

matricula= "EC-JMP"
sense = SenseHat()
gpsp = GpsPoller() # create the thread
sense.set_imu_config(True, True, True)
UMBRALE=30 #m/s
sense.show_message("Introduzca su código")
x=input()
y=str(x)
sense.show_message("su código es")
sense.show_message(y)

try:
    gpsp.start() # start it up
    i=1
    j=1
    Volando = False
    ## Primer bucle detección movimiento (espera)
```

```
while not Volando:
    os.system('clear')
    ## lees gps y compruebas vel
    if gpsd.fix.speed > UMBRAL:
        Volando = True

    print 'speed (m/s) ', gpsd.fix.speed
    print 'altitude (m)', gpsd.fix.altitude
    print 'lectura' , i

    time.sleep(5)
    print ('Empieza el vuelo')
    sense.show_message("Volando")
    T1= time.time()
    print (str(gpsd.utc))
    while Volando:
        #Puede tardar varios segundos en coger la señal
        #print gpsd.fix.latitude,', ',gpsd.fix.longitude,' Time: ',gpsd.utc
        os.system('clear')
        ## Bloque lectura GPS

        print
        print ' GPS reading'
        print '-----'
        print 'latitude  ', gpsd.fix.latitude
        print 'longitude  ', gpsd.fix.longitude
        print 'time utc   ', gpsd.utc,' + ', gpsd.fix.time
        print 'altitude (m)', gpsd.fix.altitude
        print 'eps      ', gpsd.fix.eps
        print 'epx      ', gpsd.fix.epx
        print 'epv      ', gpsd.fix.epv
        print 'ept      ', gpsd.fix.ept
        print 'speed (m/s) ', gpsd.fix.speed
        print 'climb    ', gpsd.fix.climb
        print 'track     ', gpsd.fix.track
        print 'mode      ', gpsd.fix.mode
        print
        print 'sats     ', gpsd.satellites
        print 'lectura' , j

        ## Bloque lectura Sensehat
        accel = sense.get_accelerometer_raw()
        gyro = sense.get_gyroscope_raw()
        print("fx: {x:7.4f}, fy: {y:7.4f}".format(**accel), \
              "wz: {z:7.4f}".format(**gyro))
```

```
#Ajustar como para mayor precisión
time.sleep(5)
## Comprobar si sigue volando
if gpsd.fix.speed < 15:
    Volando=False
print ('Fin del vuelo')
sense.show_message("Fin del vuelo")
T2=time.time()
print (str(time.time()))
Ttotal=(T2-T1)
Ttotal2=str(Ttotal)
print ('Tiempo volado',Ttotal2)

except (KeyboardInterrupt, SystemExit): #Interrupción con ctrl+c
    print "\nKilling Thread..."
    gpssp.running = False
    gpssp.join()
    print "Done.\nExiting."
#Guardamos los datos en la unidad del piloto
f=open("/media/pi/UnidadPiloto/logbook.csv","w")
f.write("Matricula de la aeronave, ")
f.write("codigo del piloto, ")
f.write(" tiempo volado.\n")
f.write(matricula )
f.write(",")
f.write(y )
f.write(",")
f.write( Ttotal2)
f.close()

#Guardamos los datos en la unidad de la Aeronave
f=open("/media/pi/UnidadAeronave/logbook.csv","w")
f.write("Matricula de la aeronave, ")
f.write("codigo del piloto, ")
f.write(" tiempo volado.\n")
f.write(matricula )
f.write(",")
f.write(y )
f.write(",")
f.write( Ttotal2)
f.close()
```

